

Reti di Telecomunicazioni



Modelli



Autori



Queste slides sono state scritte da

Michele Michelotto:

michele.michelotto@pd.infn.it

che ne detiene i diritti a tutti gli effetti



Copyright Notice



Queste slides possono essere copiate e distribuite gratuitamente soltanto con il consenso dell'autore e a condizione che nella copia venga specificata la proprietà intellettuale delle stesse e che copia e distribuzione non siano effettuate a fini di lucro.



Layer: Modello OSI e IP



Introduzione

Layer: Modello ISO/OSI e TCP/IP

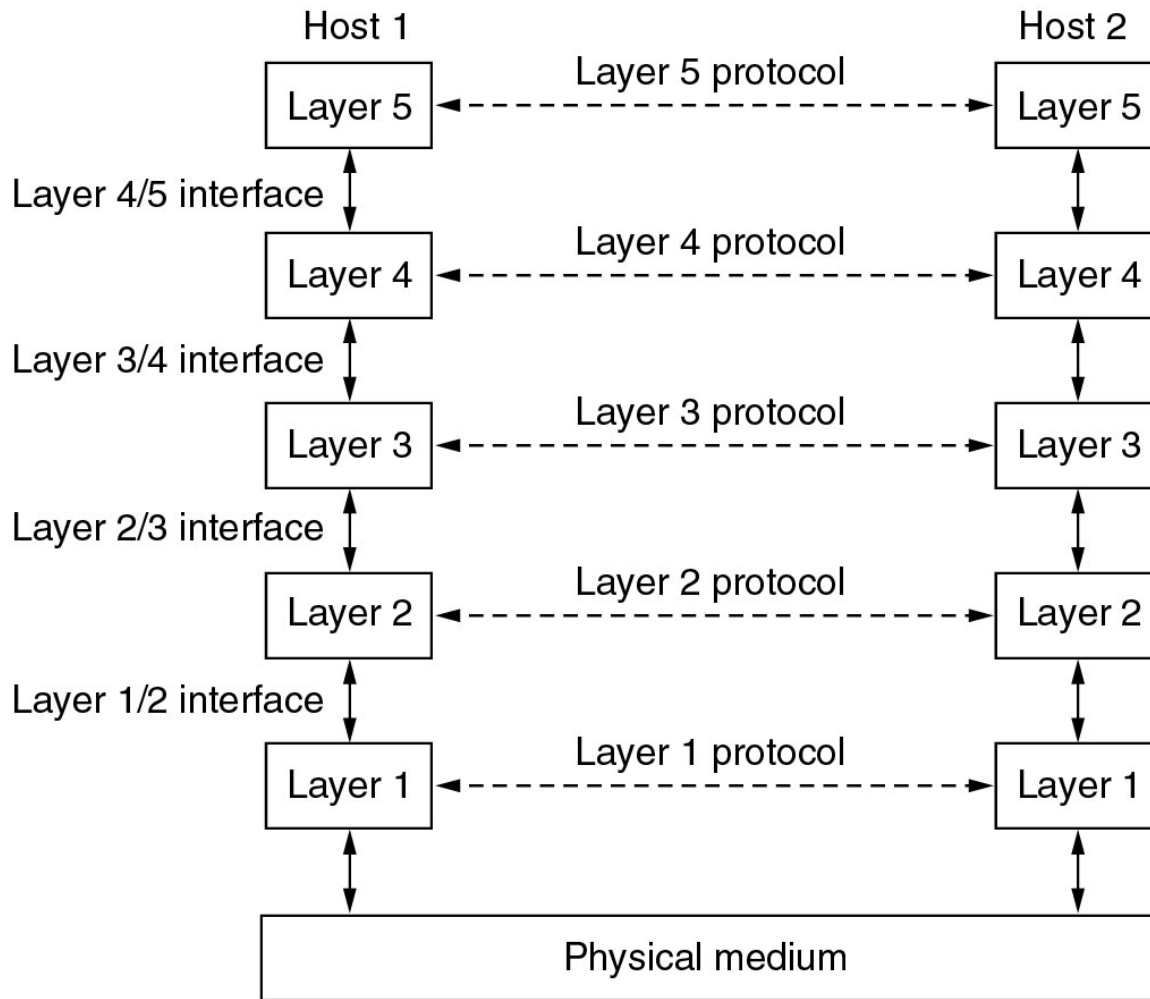
Physics Layer

Data Link Layer

MAC sublayer



Reti a Layer di protocolli





Esempi di rete a layer

- Vediamo due esempi di architetture di rete del tipo a layer
 - **ISO/OSI** (Open System Interconnect) Reference Model
 - **TCP/IP** Reference Model
- I protocolli OSI sono usati molto raramente ma il modello ha validità generale ed è sempre valido
- Il modello TCP/IP non è invece molto usato ma i suoi protocolli invece lo sono moltissimo



OSI Reference Model



- Modello a sette livelli, ispirato ai seguenti principi:
 - Un nuovo layer va creato quando si richiede un nuovo livello di astrazione
 - Ogni layer deve eseguire una funzione ben definita
 - La funzione di ogni layer deve essere scelta oculatamente per favorire protocolli standard internazionali
 - I confini tra i layer vanno scelti cercando di minimizzare il flusso di informazioni tra le interfacce
 - Il numero di layer deve essere sufficiente per separare distinte funzioni in layers separati ma piccolo per non avere un'architettura troppo complicata.



Modello OSI

Livello OSI (inf. Scambiate)

Funzioni fornite

Application (APDU)	Es: file o message transfer, emulazione di terminale
Presentation (PPDU)	Formattazione dei dati e criptazione
Session (SPDU)	Apertura e gestione delle sessioni
Transport (TPDU)	Consegna di dati end-to-end reliable e unreliable
Network (Packet)	Consegna pacchetti di informazioni, il routing
Data Link (Frame)	Trasferisce pezzi di informazioni, framing, error checking
Physical (Bit)	Transmissione di dati binari dal mezzo fisico



Modello OSI

- Non specifica un'architettura di rete, infatti non specifica i servizi e i protocolli da usare in ogni layer
- Dice solo di cosa si deve occupare un layer
- ISO ha prodotto anche degli standard per tutti i layer, ma questi non fanno parte del modello stesso. Ognuno è stato pubblicato a parte in standard internazionali separati (X400, X500)



Physical Layer

- Trasmette bit (senza significato o struttura) sopra un canale di comunicazione
 - Quando trasmetto un bit 1 devo ricevere un bit 1 e non un bit 0
 - Quanti Volt significano bit 1 e quanti bit 0?
 - Quanti (nano)secondi dura un bit?
 - La trasmissione può essere simultanea nelle due direzioni?
 - Come stabilisco e chiudo una connessione?
 - Quanti pin ha il connettore di comunicazione e che significato ha ogni pin?
 - I criteri di progettazione coinvolgono questioni meccaniche, elettriche e di temporizzazione e il mezzo fisico che sta sotto il physical layer (a volte detto Layer 0)



Data Link Layer

- Trasforma la linea di comunicazione fisica (raw) in una linea che appare al Network Layer come libera da errori di trasmissione.
 - Spezzando i dati di ingresso in frammenti (centinaia, migliaia di bytes) chiamati **data frames** (trame, buste).
Es. con bit pattern all'inizio e alla fine
 - Trasmette i frames in modo sequenziale
 - Gestisce i **frame di acknowledgements**
 - Decide come trattare i frame danneggiati, duplicati o perduti e il feedback verso il mittente per flow control

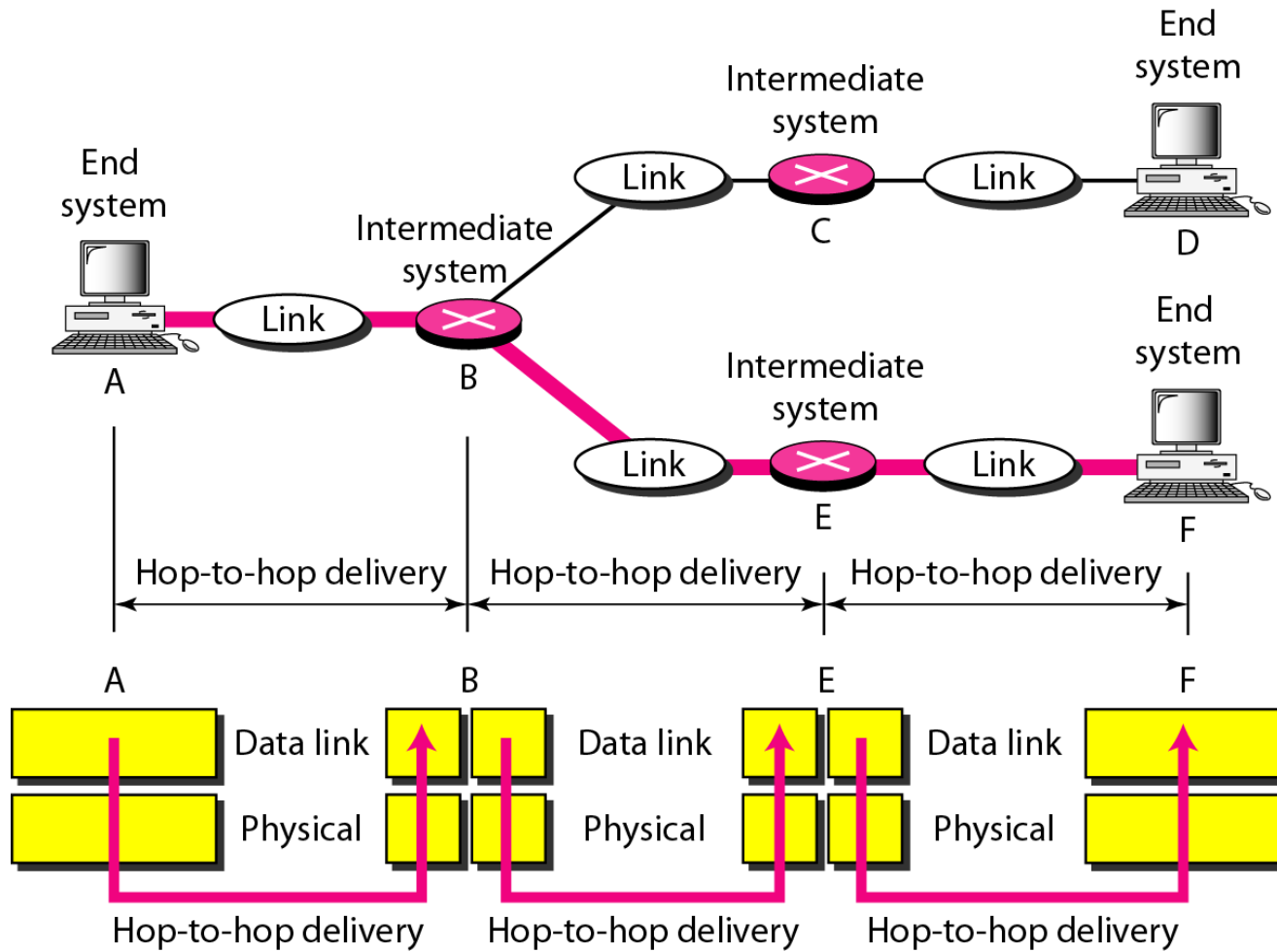


MAC SubLayer

- In una rete broadcast c'è anche il problema di decidere i criteri di accesso al canale quando questo è condiviso da tanti attori
- Il livello DataLink viene diviso di due. Un sotto layer, **Medium Access Sublayer**, si occupa di questo problema
- Il livello OSI però non li vede come due livelli distinti



Data Link



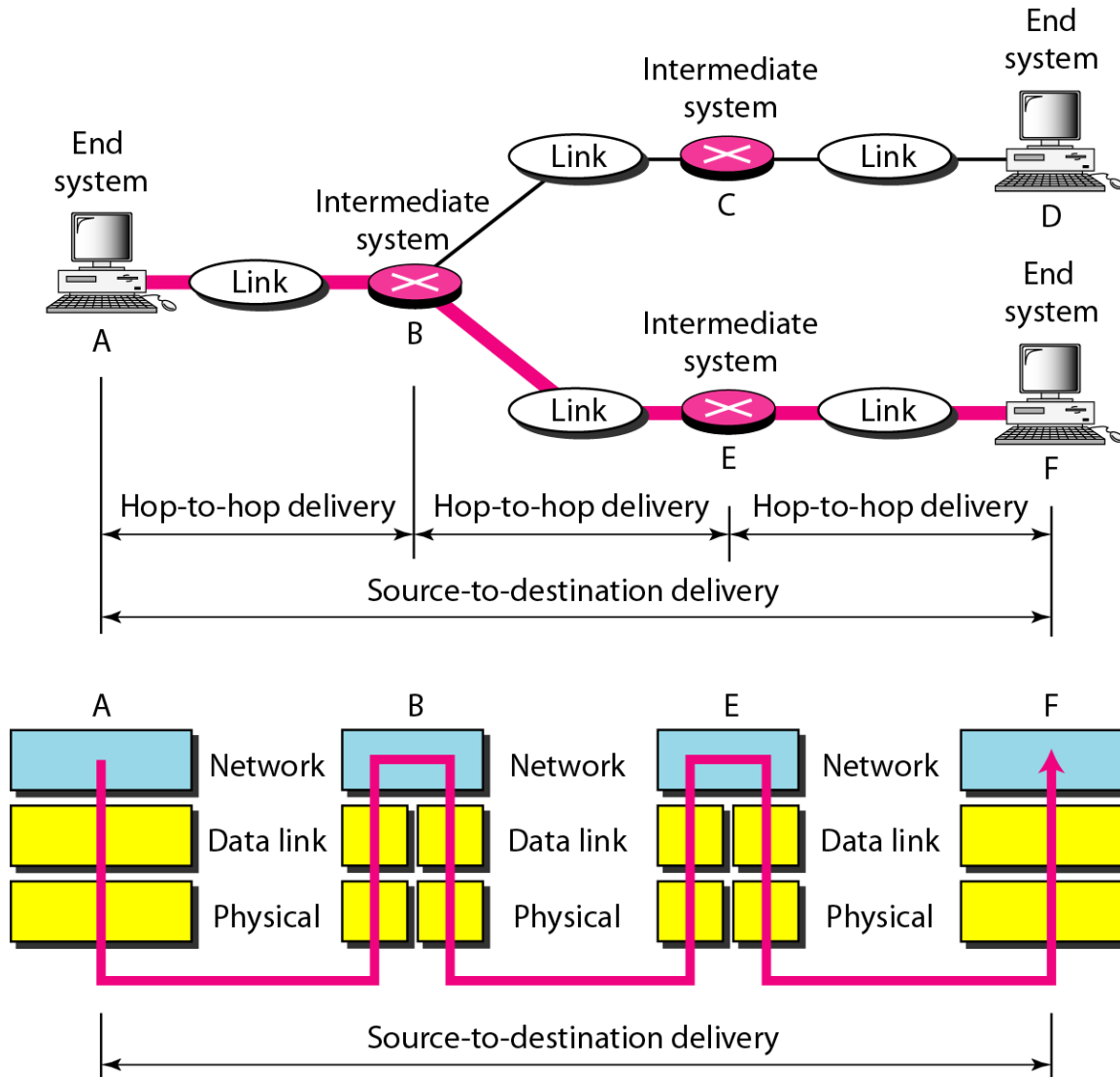


Network Layer

- Controlla che i pacchetti vadano dal mittente al destinatario
 - I percorsi possono essere descritti in tabelle statiche
 - Possono essere determinati all'inizio di ogni conversazione
 - Possono essere invece molto dinamici ed ogni pacchetto decide la strada in base al carico della rete
- Controlla la congestione a livello di sottorete
 - In generale problemi di delay, transit time, jitter sono gestiti a livello Network
- Se il pacchetto viaggia tra due reti il formato di indirizzamento o le dimensioni del pacchetto potrebbe essere diversi. Il Network Layer gestisce queste funzioni



Network Layer



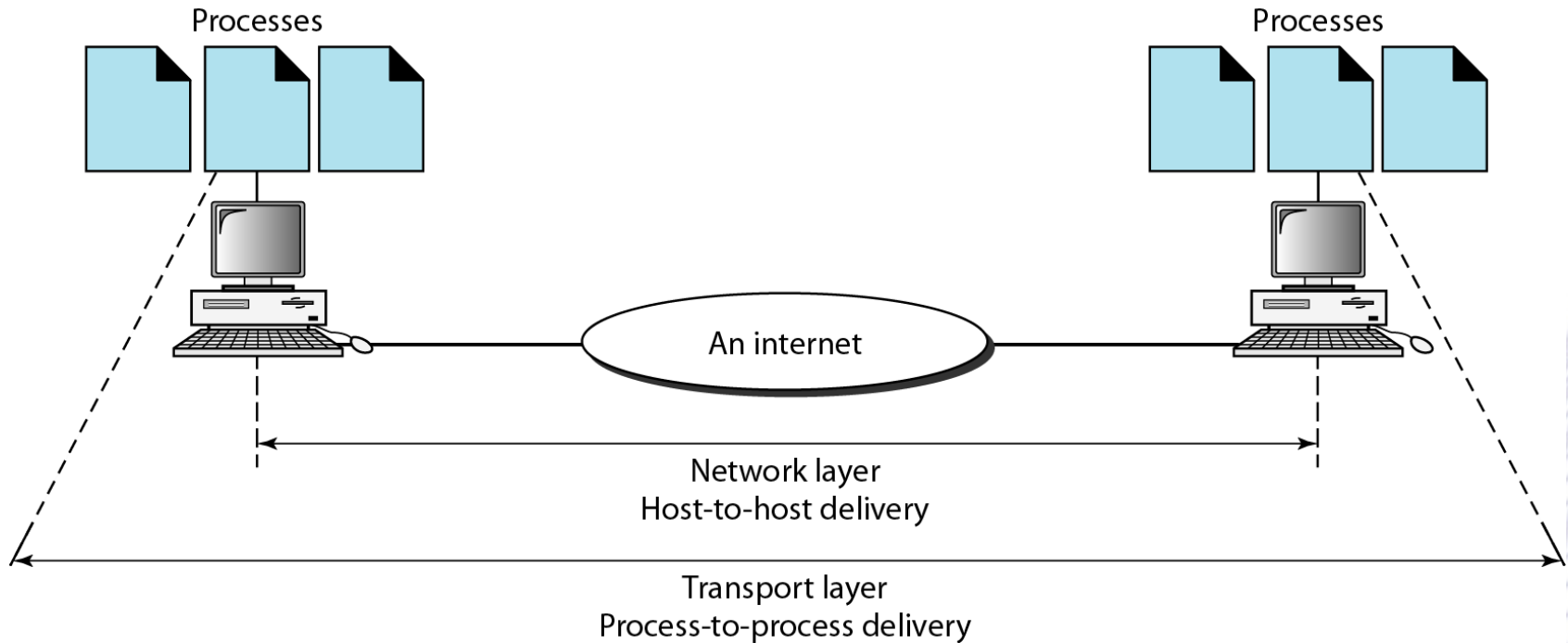


Transport Layer

- Prende i dati dal Session Layer, li spezza eventualmente in pacchetti che vengono passati al Network e si assicura che i pacchetti arrivino correttamente all'altro lato
- Di solito crea una connessione distinta per ogni richiesta di trasporto ma se è richiesto un alto throughput può creare connessioni di network multiple o al contrario può multiplexare diverse connessioni di trasporto sulla stessa connessione di network



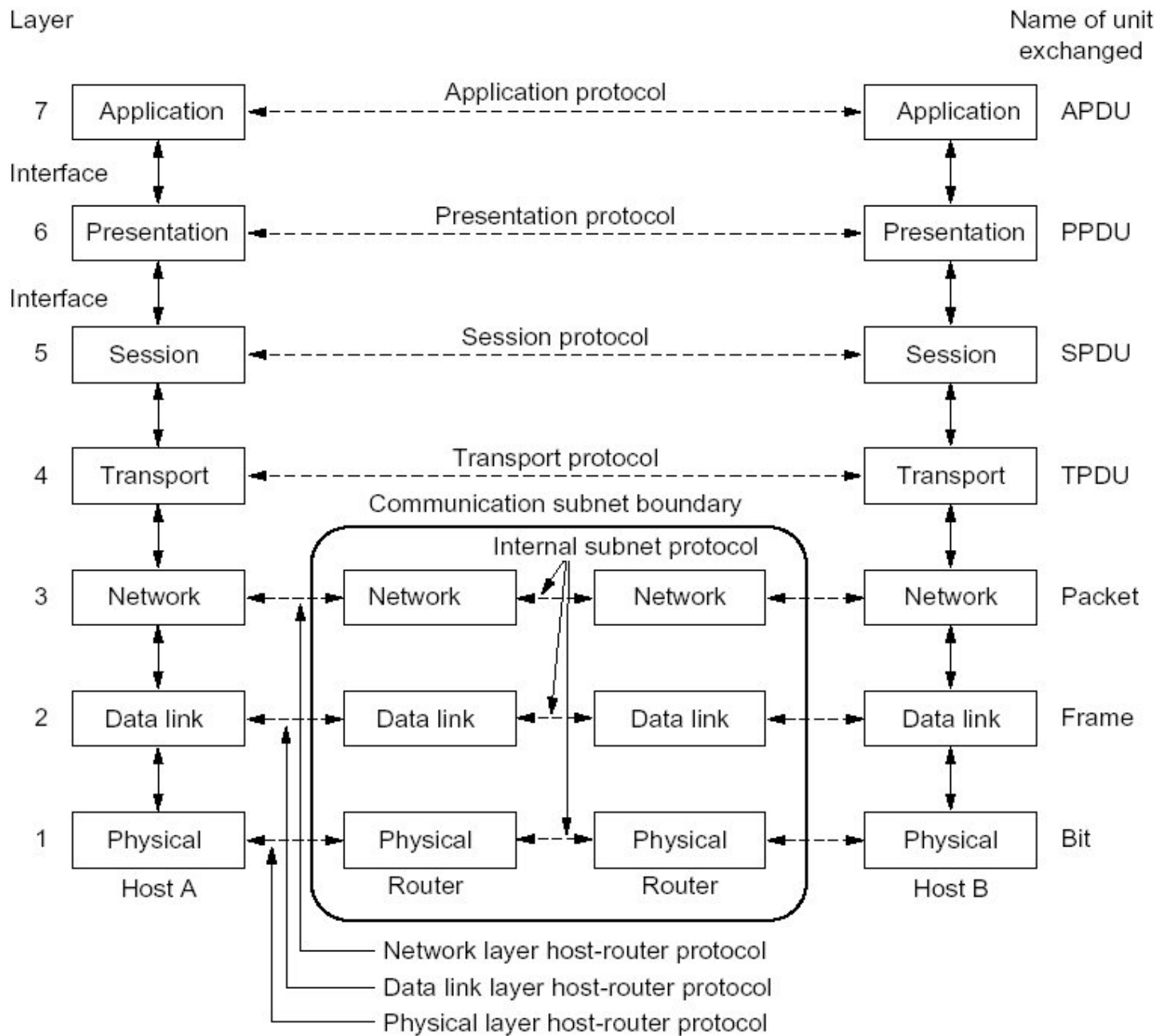
Consegna end to end





Transport Layer

- Determina che servizio fornire; il più comune è un canale punto a punto error free ma potrebbe mandare messaggi fuori sequenza o messaggi a destinazioni multiple.
- È un vero layer end-to-end. Il programma del mittente comunica con un programma del destinatario
- Ai livelli inferiori invece i protocolli sono tra le diverse macchine e i vicini immediati e non tra macchina mittente e destinataria che possono essere separate da diversi routers



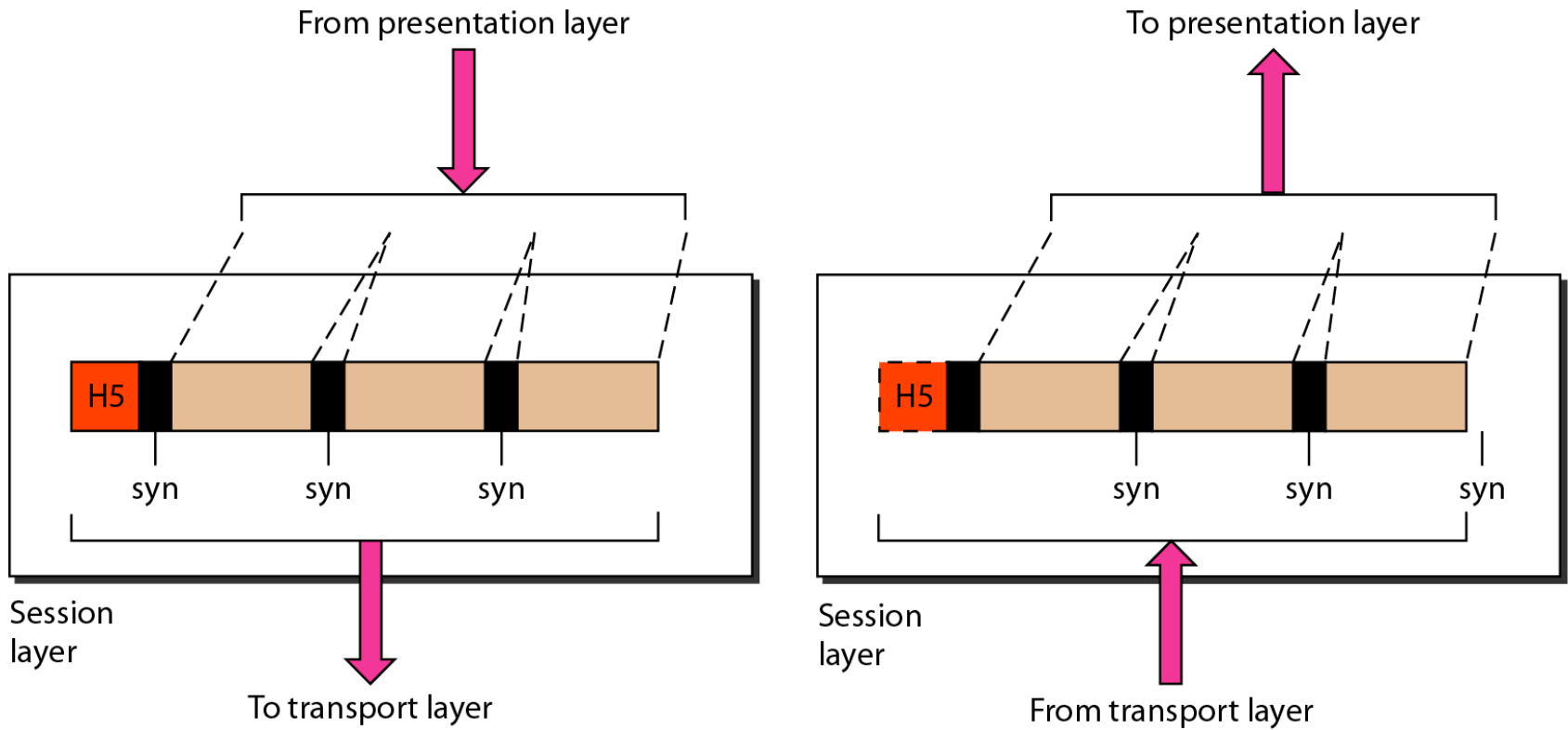


Session Layer

- Permette di creare **sessioni** tra macchine diverse
 - Permette di trasferire dati come il Transport Layer ma fornisce servizi più evoluti come il file transfer o il login remoto
 - Gestisce il **dialogo di controllo** permettendo al traffico di andare in due direzioni o in una unica direzione e gestisce i turni
 - Gestisce i **token** per evitare che due parti eseguano contemporaneamente un'operazione critica
 - Gestisce la **sincronizzazione** (Es. Un file transfer di due ore che crasha in media ogni ora. Il S.L. offre la possibilità di inserire dei checkpoints permettendo di ritrasferire solo i dati non ancora arrivati)



Session Layer



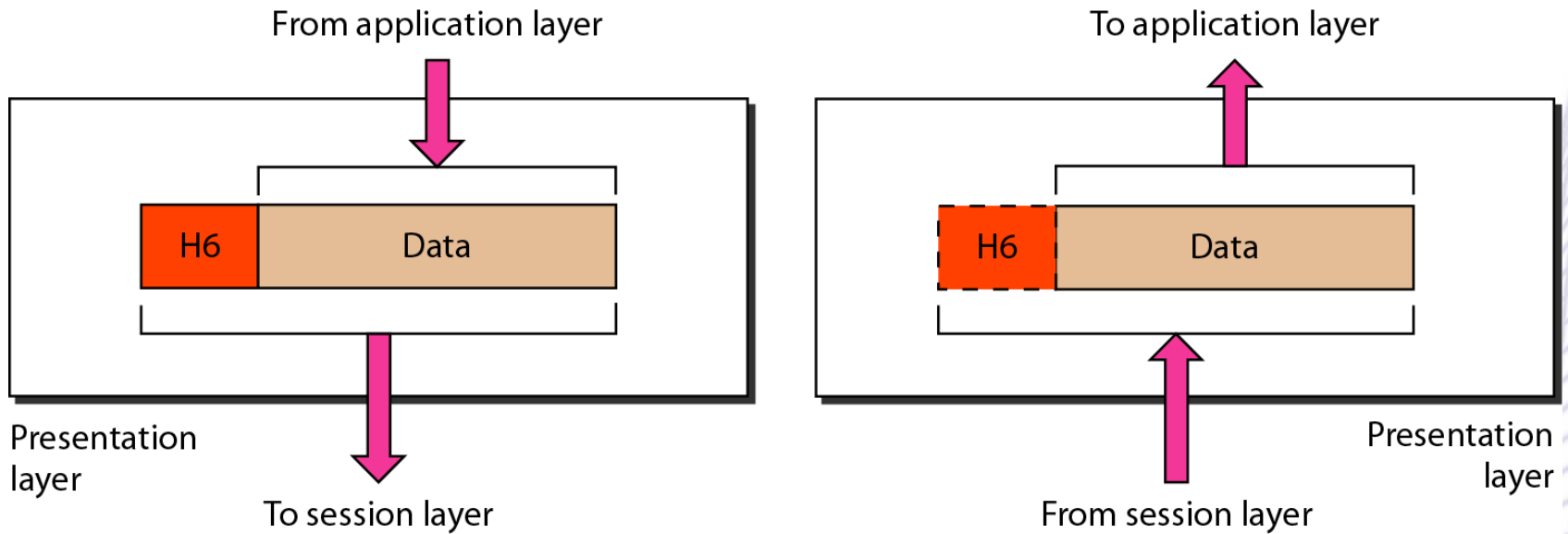


Presentation Layer

- Offre funzioni richieste spesso e tali da richiedere una soluzione generale invece che lasciarla all'utente
 - Traduzione tra sistemi di codifica diversa
 - Cifratura e decifratura dei dati
 - Compressione
- Al contrario dei livelli inferiori che spostano bit questo layer si interessa della semantica e della sintassi delle informazioni trasmesse. (ad esempio ASCII, Unicode, EBDIC).



Presentation





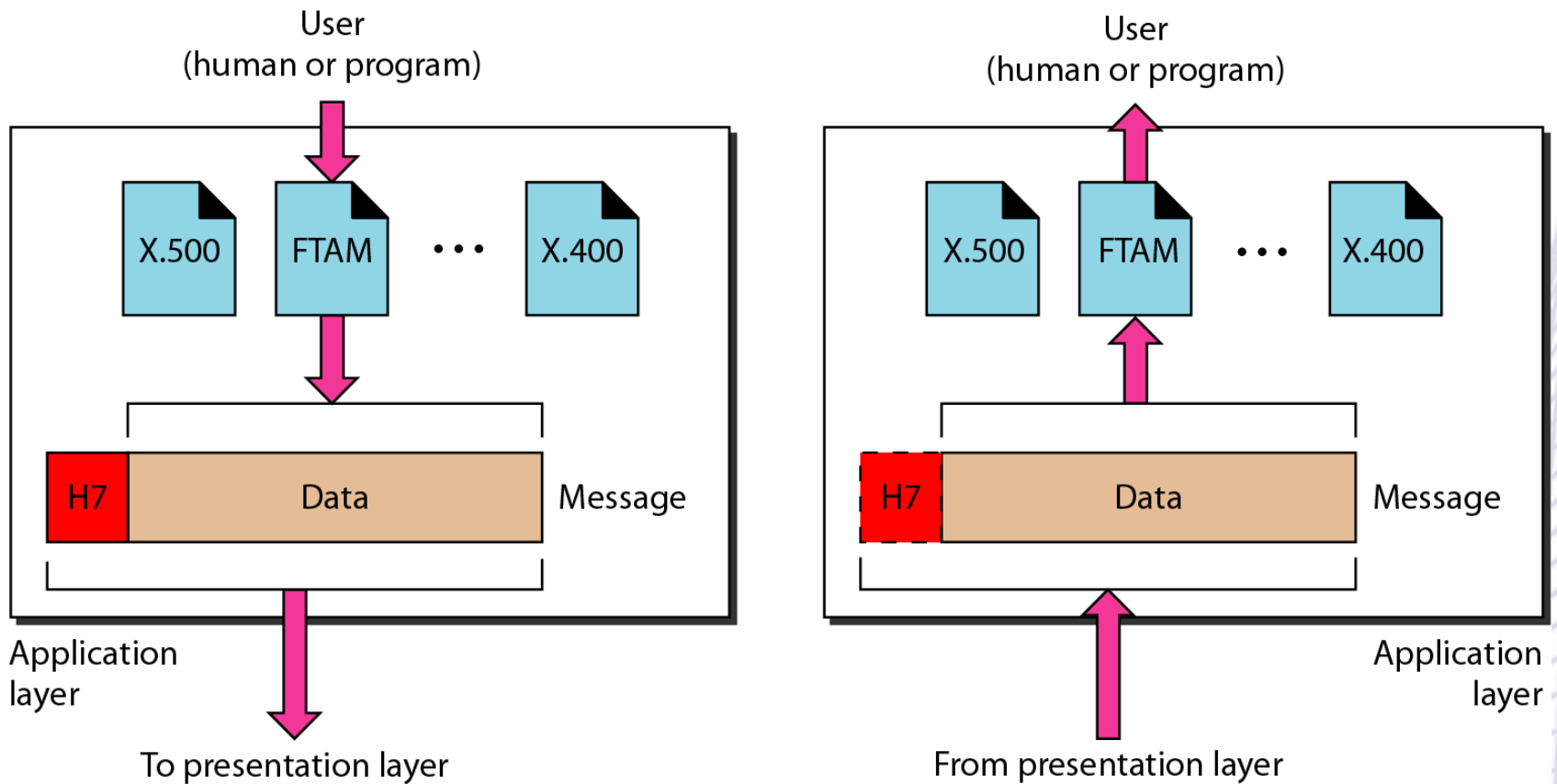
Application Layer



- Vari protocolli per servizi di rete all'utente finale
 - Terminale Virtuale: Per supportare centinaia di tipi di terminali diversi che descrivono il layout dello schermo o come muovere il cursore
 - Gestione File: permette di accedere e modificare file remoti
 - Servizi di Posta Elettronica
 - Servizi di Directories (es gestione delle password)
 - File Transfer tra filesystem diversi, gestione delle convenzioni di naming, rappresentazioni diverse della linea di testo
 - HTTP che sta alla base del World Wide Web

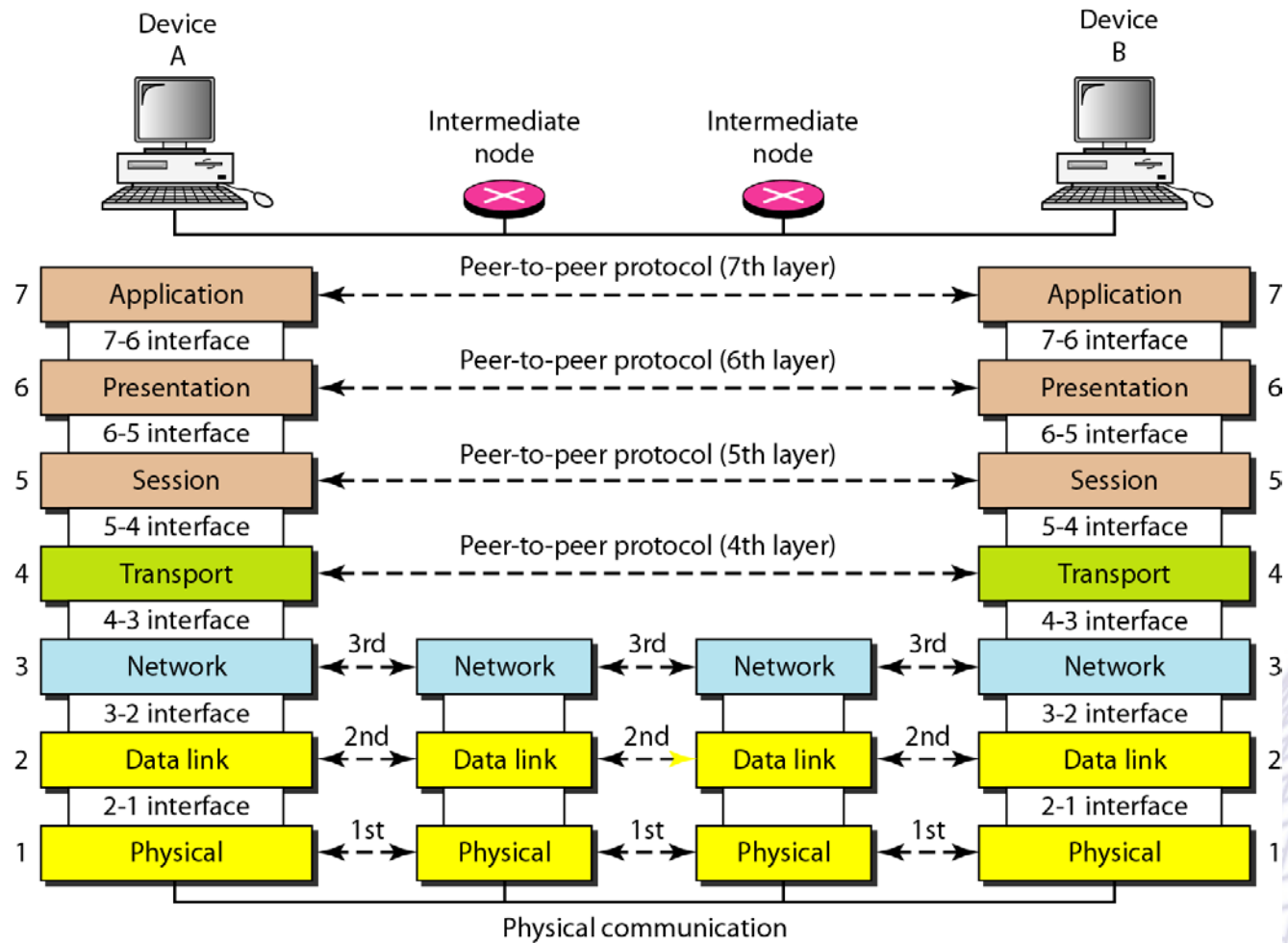


Application layer





Livelli OSI





TCP/IP Reference Model



- Modello nato negli anni '70 in università americane su finanziamenti DoD
- Esigenza di interconnettere centinaia di università e siti governativi via linee telefoniche affittate e poi via satellite/radio.
- Progettato per funzionare con linee inaffidabili o soggette a crolli improvvisi
- Architettura flessibile per accontentare diversi requirements applicativi (file-transfer, Voip)



TCP/IP Reference Model



OSI

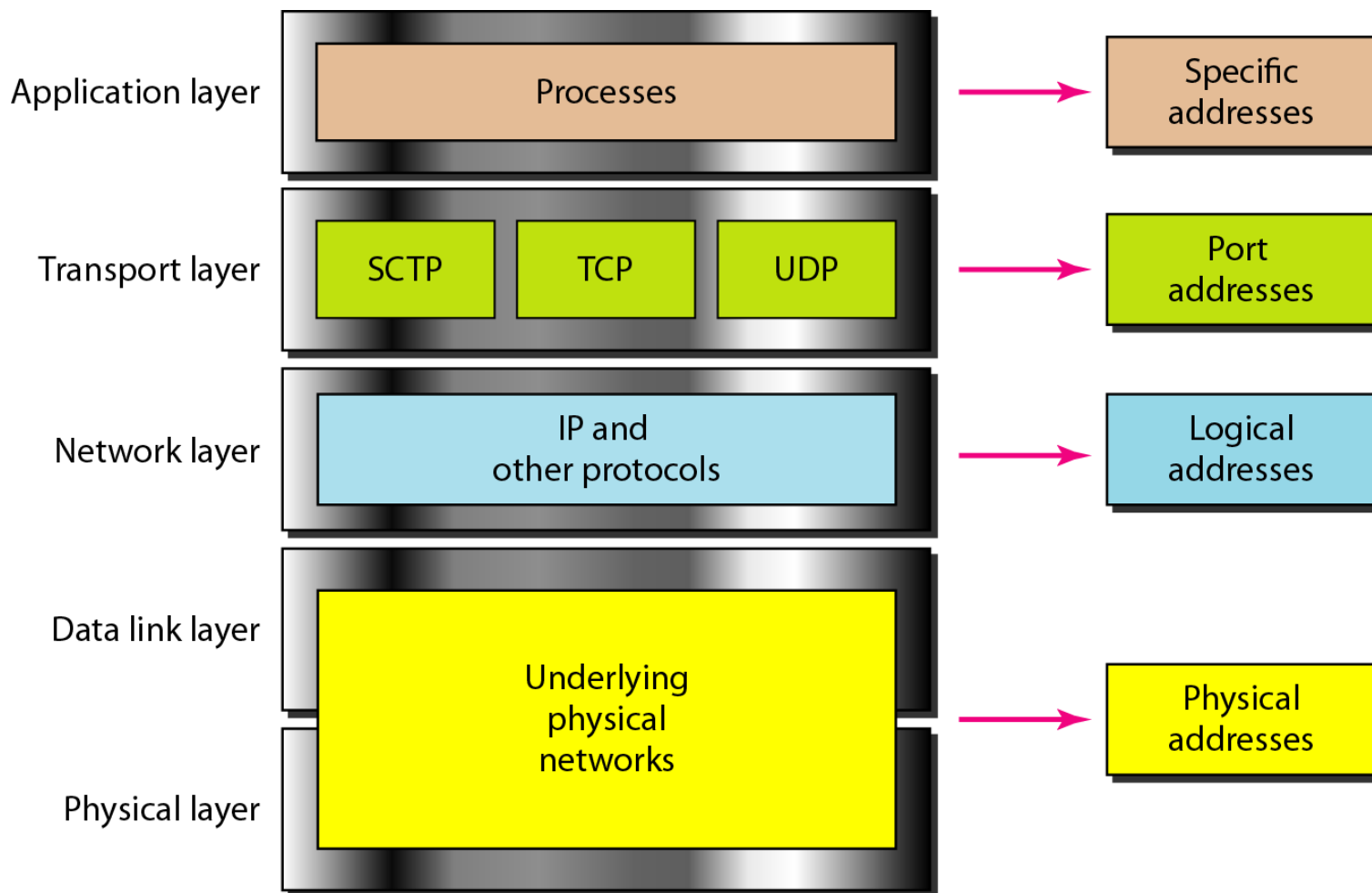
Application
Presentation
Session
Transport
Network
Data Link
Physical

TCP/IP

Application
Non presente nel modello
Transport
Internet
Host to Network



4 livelli e 4 indirizzi





Internet Layer

- I requirements sono stati soddisfatti da una rete packet switching basato su un layer internetwork connectionless. → **internet layer**
- Gli host possono iniettare pacchetti nella rete e lasciarli viaggiare in modo indipendente, questi possono arrivare in ordine diverso e viene lasciato ai layer superiori il problema di riordinarli
- Parola **internet** usata in senso generale sebbene questo layer sia usato in **Internet**



Internet Layer

- Funziona come il sistema postale (cfr internet over snail mail)
- Se uno spedisce diverse lettere queste probabilmente arriveranno, seguendo forse strade diverse ma in modo trasparente all'utente.
- Il layer definisce un formato del pacchetto ufficiale e un protocollo **IP (Internet Protocol)**.
- Il problema del routing dei pacchetti è fondamentale → simile al Network Layer di OSI



Transport Layer

- Permette la conversazione tra due peer entities sul nodo mittente e destinatario come il T.L. nel modello OSI.
- **TCP (Transmission Control Protocol)**
 - offre una connessione affidabile e connection oriented che permette ad un flusso di byte di essere consegnato senza errori ad un'altra macchina della internet, frammentandolo in pacchetti e riassemblelandoli a destinazione. Gestisce anche il controllo del flusso.



Transport Layer

- **UDP (User Datagram Protocol)**

- Non affidabile e connectionless per applicazioni che non vogliono usare i servizi di TCP e preferiscono invece gestire per proprio conto la sequenzialità e il controllo del flusso
- Gestisce anche messaggi one-shot, richieste client-server di tipo request-reply
- Applicazioni voce e video dove la tempestività è più importante della consegna accurata

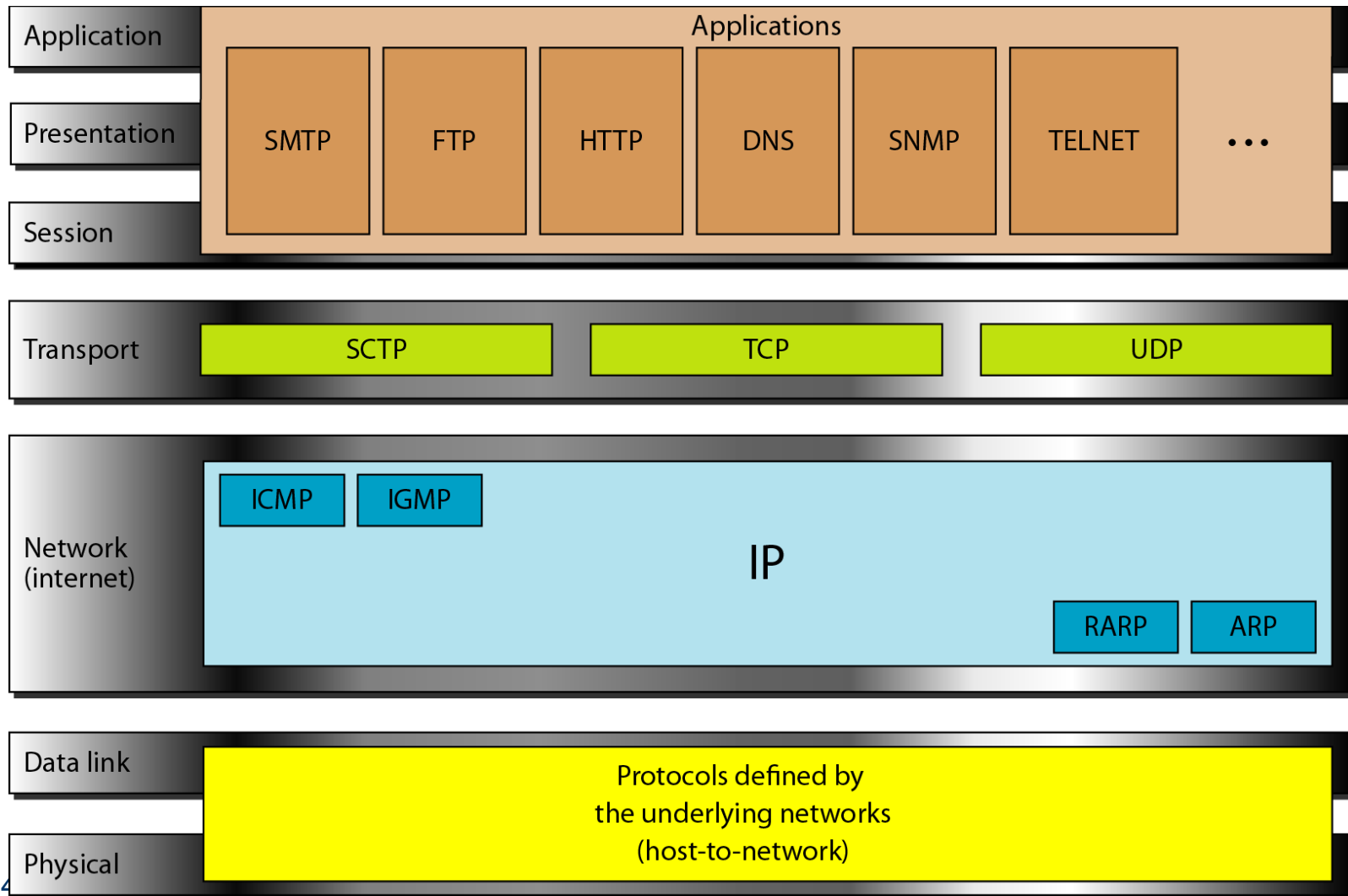


Application Layer

- L'Application Layer contiene diversi protocolli di alto livello tra cui:
 - Terminale Virtuale: TELNET
 - File Transfer: FTP
 - Posta Elettronica: SMTP, POP, IMAP
 - Conversione nomi-indirizzi: DNS
 - Diffusione di articoli di notizie: NNTP
 - Ipertesto distribuito: HTTP
- Non ci sono Session e Presentation Layer
 - non se ne sentiva l'utilità. In effetti nel modello OSI sono usati raramente dalle applicazioni



TCP/IP model





Host to Network Layer

- Il protocollo IP viene implementato al di sopra di praticamente tutte le tecnologie di interconnessione ma queste non fanno parte del modello TCP/IP.
- In realtà è una interfaccia tra il livello data link e tutto quello che si trova sotto
- Il modello dice solo che l'host deve connettersi alla rete e mandarvi sopra pacchetti IP



Aspetti in comune

- Concetto di Stack di protocolli indipendenti
- Funzionalità dei layer sostanzialmente simili
 - In entrambi i layer dal basso fino a quello di trasporto forniscono un servizio di trasporto end-to-end indipendente dalla rete
 - I livelli superiori dal livello di trasporto sono orientati agli utenti e alle applicazioni



Differenze tra i modelli



- Differenze tra i modelli (attenzione non tra gli stacks)
 - Il modello OSI distingue chiaramente tra **Servizi** (cosa fa), **Interfacce** (come accedere) e **Protocolli** (come lo fa internamente)
 - Distinzione meno chiara nel TCP/IP almeno in origine. Poi si è cercato di adattarlo al modello OSI
 - Quindi i protocolli in OSI sono nascosti meglio e quindi sono cambiabili più facilmente.



Differenze tra i due modelli



- In OSI prima viene il modello generale e poi sono stati progettati i protocolli
- Il livello Data Link era pensato per link punto punto e non si aspettavano per esempio le reti broadcast → non hanno pensato al layer di Media Access Control inserito a forza in seguito nel modello.
- In TCP/IP sono venuti prima i protocolli quindi il modello non descrive bene le reti non TCP/IP.



Differenze tra i due modelli



- OSI model supporta connection oriented e connectionless a livello network ma solo connection oriented a livello transport dove è importante essendo visibile all'utente
- TCP/IP invece è connectionless al livello network e permette sia connectionless che connection oriented al livello di trasporto permettendo all'utente di scegliere



Critica di OSI

- Una critica ai modelli e ai protocolli OSI
- Alla fine degli anni 80 sembrava che i protocolli OSI avrebbero dominato il mondo e scalzato gli altri protocolli.
- Non è successo per **4 motivi**
 1. **Bad Timing**
 2. **Bad Technology**
 3. **Bad Implementations**
 4. **Bad Politics**



Timing

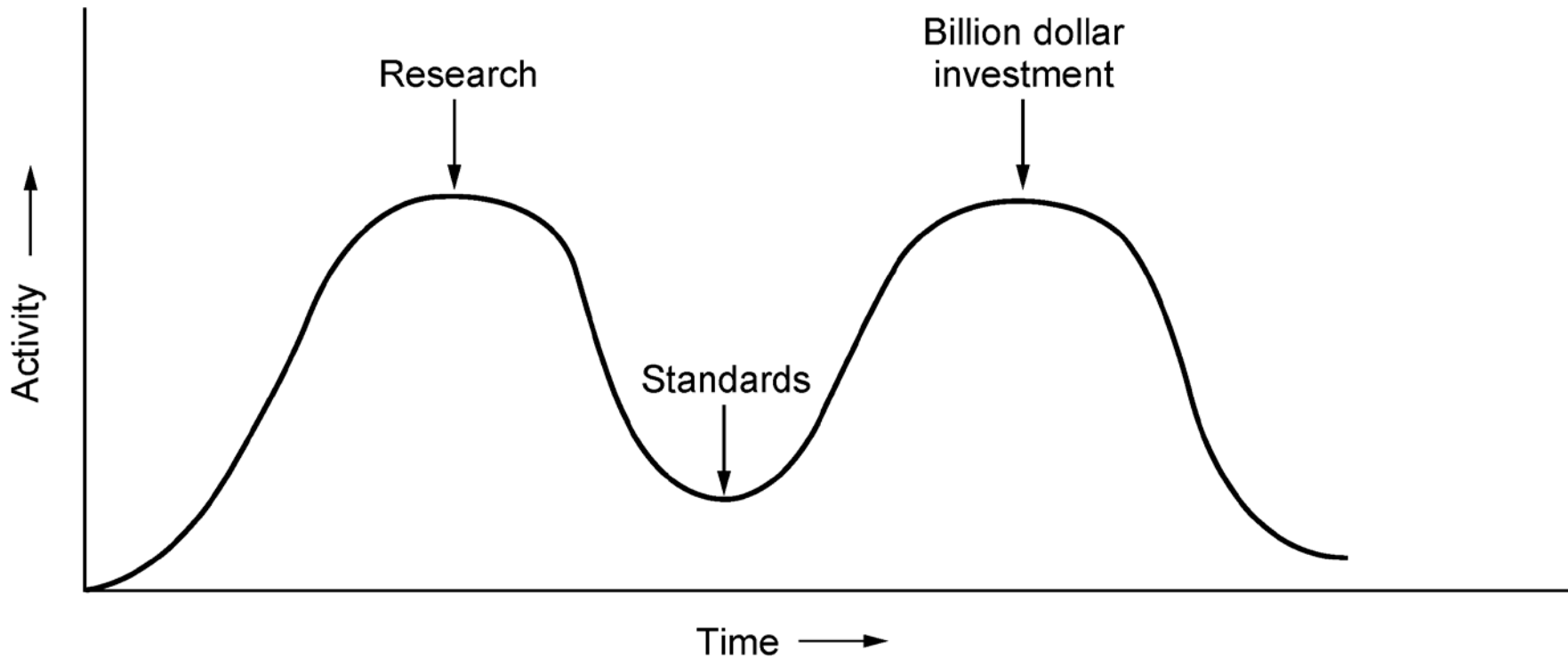


- **Bad Timing**

- Prima c'è la fase di ricerca (discussioni, articoli, conferenze) e poi gli investimenti miliardari delle industrie
- Gli standard vanno scritti tra queste due fasi
- Se sono scritti troppo presto i problemi non sono ancora capiti, ne escono cattivi standard
- Se sono scritti troppo tardi le compagnie hanno ormai investito altrove
- Le implementazioni di OSI arrivarono in ritardo quando ormai TCP/IP era ampiamente diffuso



timing



The apocalypse of the two elephants.



Technology



- **Bad Technology**

- La scelta dei 7 layer era politica più che tecnica
- Due livelli (presentation e session) quasi vuoti e altri due (data link e network) troppo pieni
- Modello molto complesso, libroni su libroni
- Protocolli difficile da implementare e inefficienti una volta implementati
- Alcune funzioni come indirizzamento, flow control, error control riappaiono in diversi layer
 - Il controllo dell'errore per esempio è più efficiente se fatto nei livelli superiori mentre ripeterlo in ognuno dei livelli inferiori è spesso non necessario e inefficiente



Implementazioni



- **Bad Implementations:**

- Prime implementazioni lente, complicate ed enormi
- Poi i prodotti sono migliorati ma l'immagine era compromessa
- Al contrario le prime implementazioni di TCP/IP erano parti del Berkeley Unix ed era semplice, veloce e gratis
- Si formarono grandi comunità di utenti che portarono rapidi miglioramenti e maggiore diffusione



Politiche



- **Bad politics:**

- Sviluppi dominati dalle telecom, dai ministeri delle comunicazioni europei, Comunità Europea e poi il governo USA.
- Percepito come un insieme di standard inferiori imposti da burocrati



Critica al modello TCP/IP



- Non distingue chiaramente tra servizi, protocolli, interfacce.
- Il modello TCP/IP non ha validità generale come OSI ma descrive bene solo i protocolli TCP/IP (e non p.es. Bluetooth)
- Il Layer Host to Network non è un vero layer ma un interfaccia (tra Network e Data Link)
- Non distingue e non menziona i livelli fisici e data link
- A volte i protocolli di alto livello sono stati scritti da programmatori poco esperti e nel tempo libero e poi adattati nel tempo per risolvere problemi (prestazioni, sicurezza).



Conclusioni

- Il modello OSI si dimostra utilissimo per discutere le reti di telecomunicazione
 - Ma i protocolli OSI non sono mai diventati popolari
- Il modello TCP/IP praticamente non esiste
 - Ma i protocolli TCP/IP sono ampiamente usati
- Useremo a volte un modello ibrido, un OSI semplificato
 - Ma ci concentremo su TCP/IP e protocolli collegati oltre che nuovi protocolli

Modello Ibrido

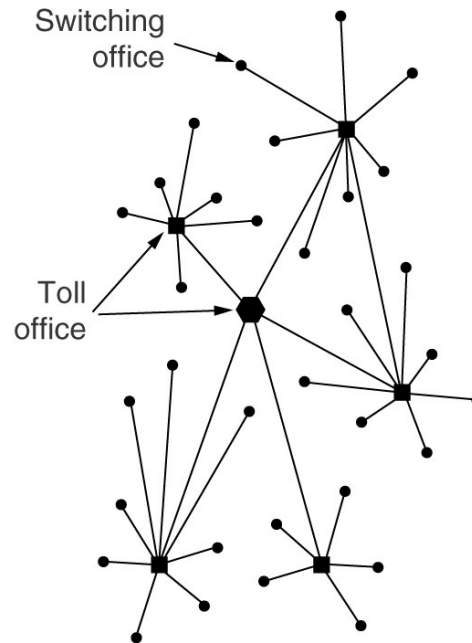
5 Application
4 Transport
3 Network
2 Data Link
1 Physical



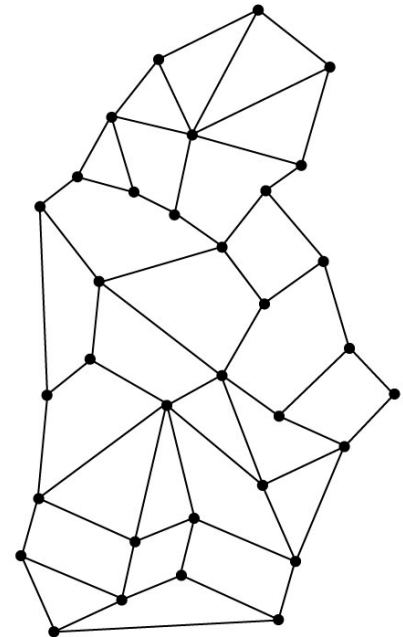
Arpanet - preistoria



- La rete telefonica ha una struttura gerarchica. Se gli hub sono colpiti tutto si blocca
- Specifiche: Costruire una rete a prova di bomba
- 1960: Progetto a mesh scartato da AT&T



(a)



(b)

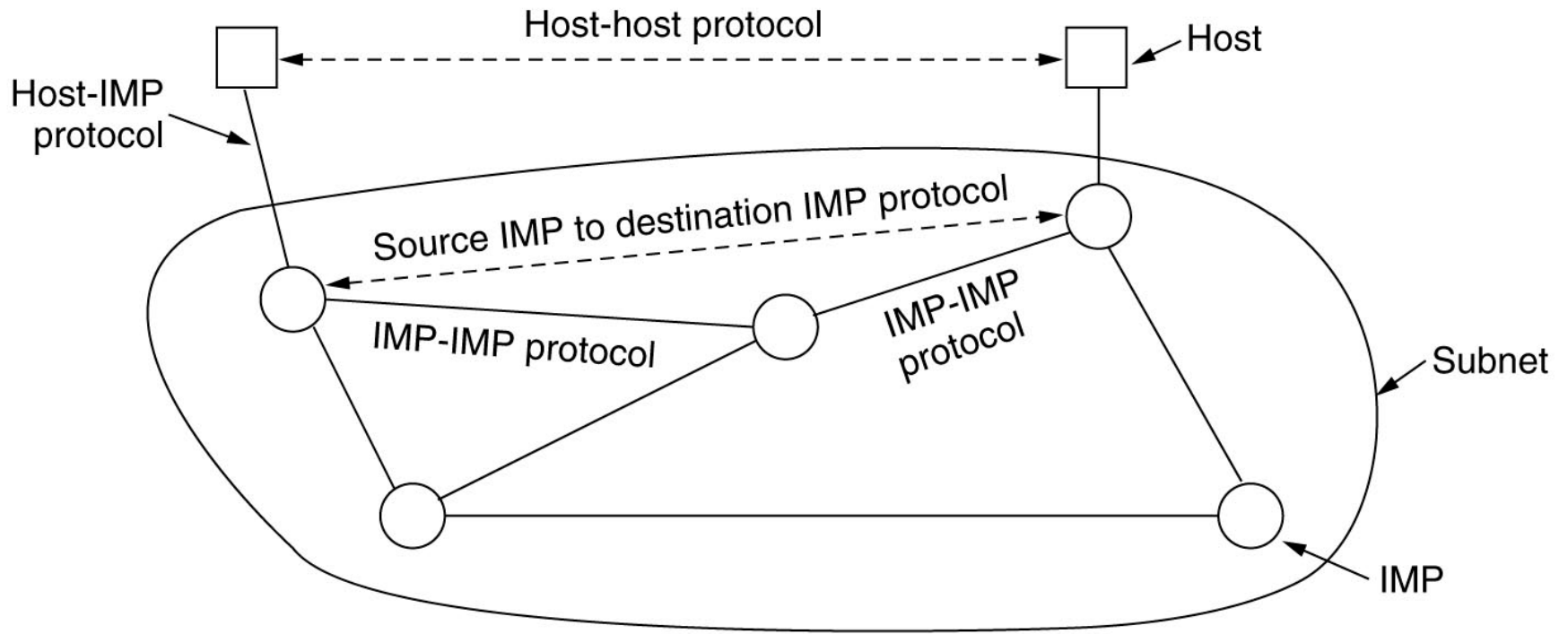


Arpanet - storia

- ARPA (Advanced Research Project Agency) finanzia progetti di ricerca universitari
- Risultato ARPANET
- Ogni nodo ha
 - un host
 - un IMP (Interface Message Processor) attaccato ad un modem a 56kbps
- L'host manda un messaggio fino a 8063 bit all'IMP che lo spezza in pacchetti di max 1008 bits e li manda a destinazione



Progetto originale





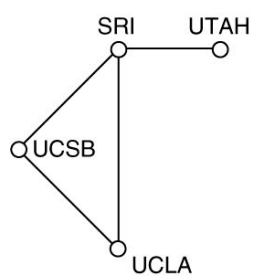
Protocolli in causa



- Subnet:
 - La parte IMP della connessione host-IMP
 - Il protocollo IMP-IMP
- Host:
 - La parte host della connessione host-IMP
 - Il protocollo host-host
 - Il software applicativo

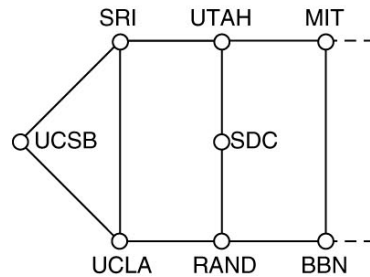


Evoluzione della rete



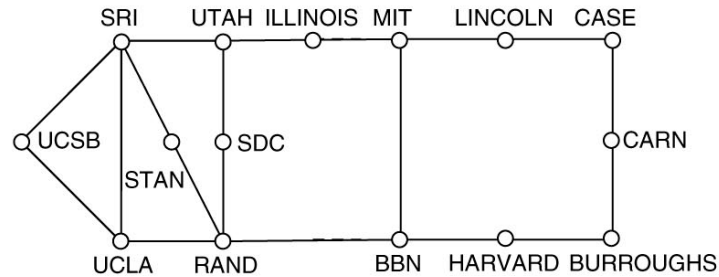
(a)

12/1969



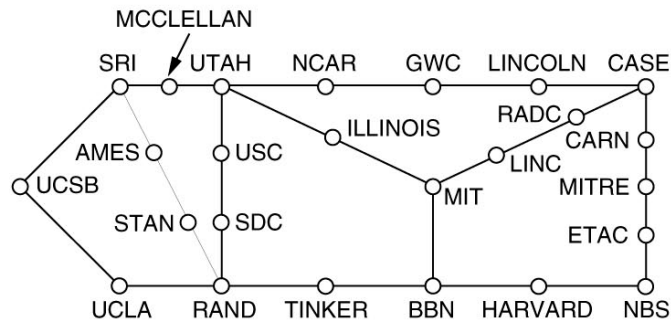
(b)

7/1970



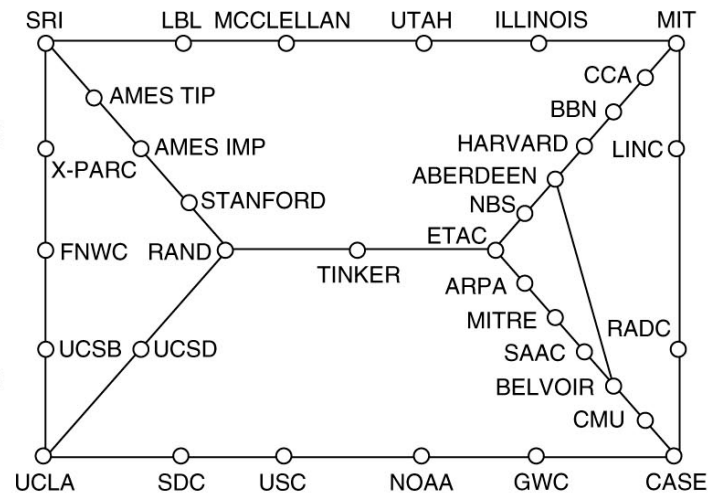
(c)

3/1971



4/1971

(d)



(e)

9/1972

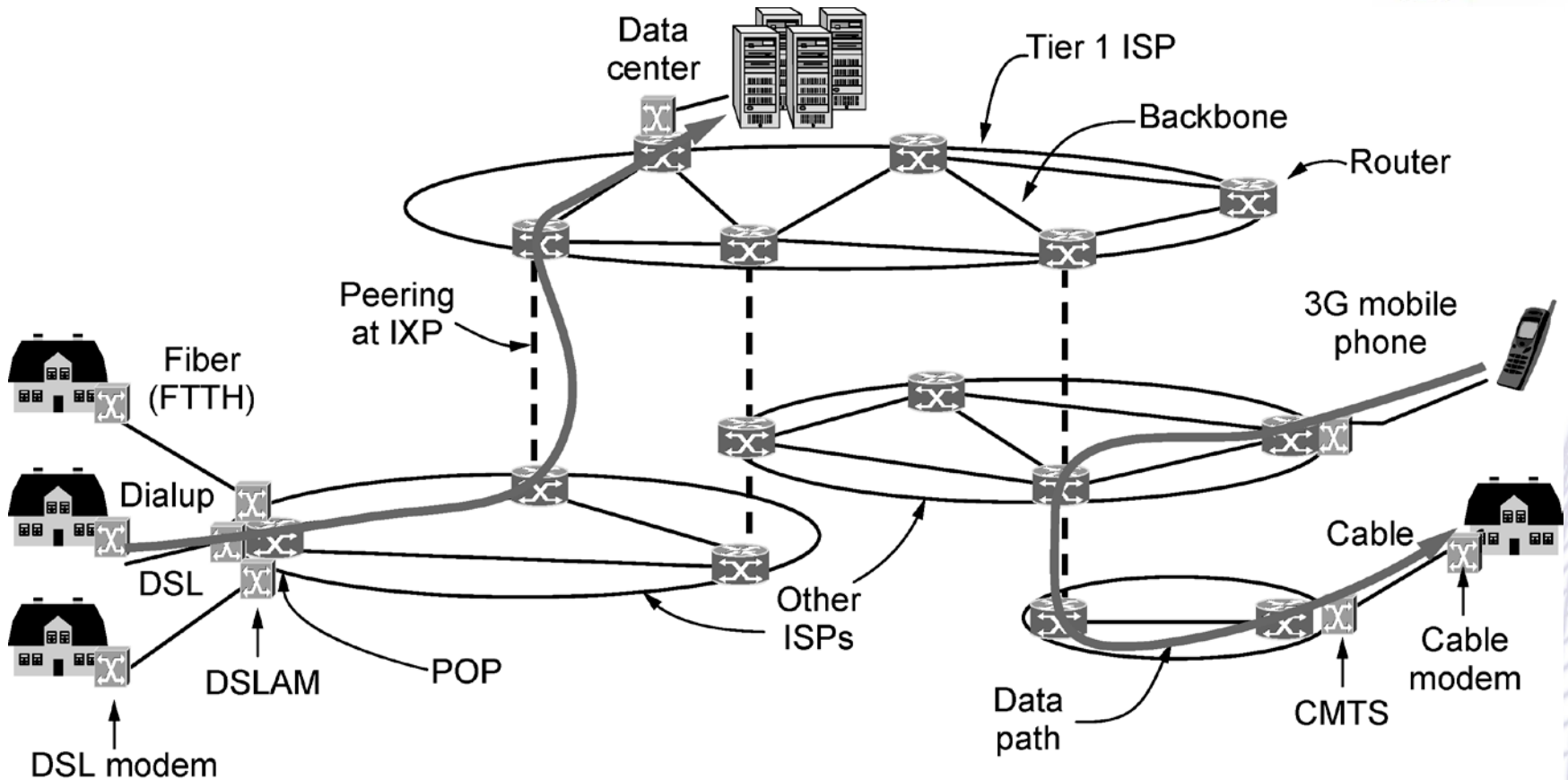


Fine di Arpanet

- Ricerche su trasmissioni via satellite e radiomobile
- Protocolli Arpanet non adatti a reti diverse
- Invenzione dei protocolli e modello TCP/IP (1974, Cerf e Kahn) pensati per gestire il cosiddetto **INTERNET**working
- Spinta all'integrazione con Berkeley Unix
- Difficile trovare gli host → Nascita di un sistema per mappare nomi e domini a numeri (DNS)



Architettura attuale



Overview of the Internet architecture.



Reti Connection Oriented



- Arpanet nasce per funzionare, magari anche male, ma funzionare nonostante gravi guasti
- I desideri delle telecom sono altri: far pagare la bolletta agli utenti → Facile con le Connessioni:
 - Quando la connessione inizia si stabilisce un cammino attraverso la rete telefonica che viene mantenuto per tutta la durata della chiamata
 - Tutti i pacchetti seguono la stessa strada



Motivazioni



- Quality of Service
 - Stabilendo prima la connessione la rete prenota le risorse necessarie (buffer, cpu dei router)
 - Se non ci sono risorse si sente un segnale di “occupato”
 - Se la connessione si stabilisce abbiamo un buon servizio
- Fatturazione
 - Facile: Si paga al minuto per la durata della connessione



Costi di fatturazione



- Gestire la fatturazione è costoso
- In alcuni casi conviene fatturare “flat” come è sempre successo per la tv
- Alcune telecom lo fanno per le telefonate locali



Reti a circuiti virtuali



OSI layer	ATM layer	ATM sublayer	Functionality
3/4	AAL	CS	Providing the standard interface (convergence)
		SAR	Segmentation and reassembly
2/3	ATM		Flow control Cell header generation/extraction Virtual circuit/path management Cell multiplexing/demultiplexing
2	Physical	TC	Cell rate decoupling Header checksum generation and verification Cell generation Packing/unpacking cells from the enclosing envelope Frame generation
1		PMD	Bit timing Physical network access

- Vedremo più avanti alcuni tipi di reti a circuito virtuale
- X.25
- Frame Relay
- ATM
- Ora vediamo solo il modello di ATM e il confronto con lo stack OSI



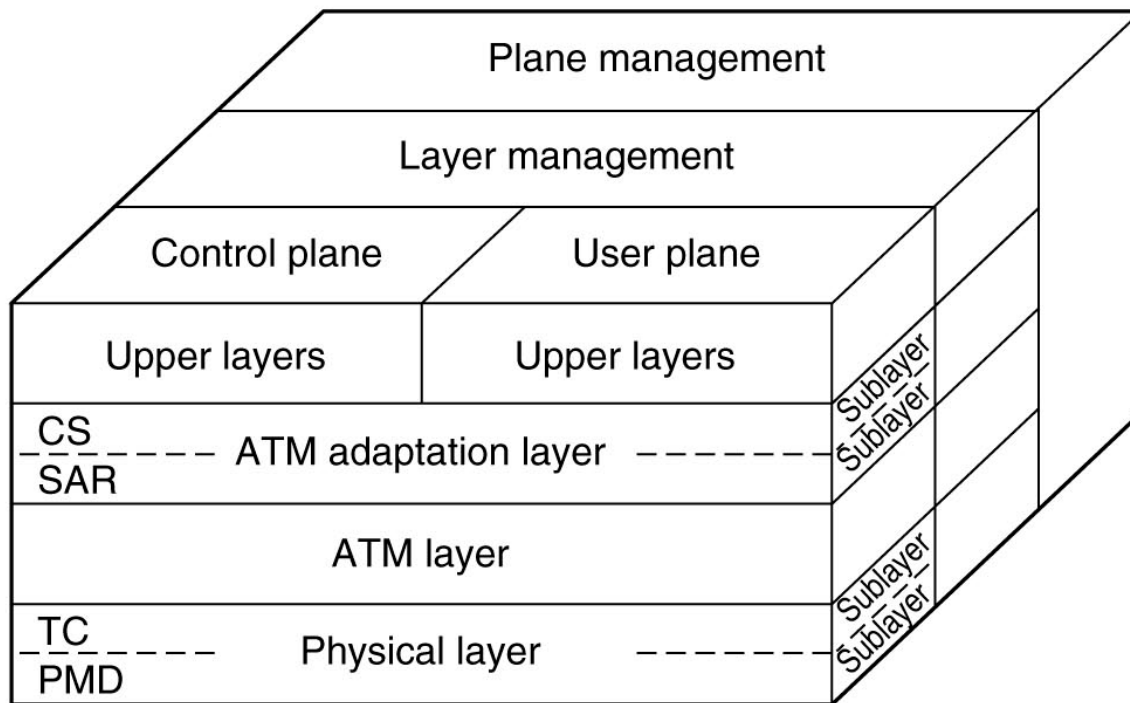
ATM Reference Model



- Ha il suo modello, distinto da quello OSI o TCP/IP
- Il layer fisico si occupa di tensioni, bit timing etc..
 - Non ci sono regole ma solo si dice che le celle ATM possono essere mandate sul filo da sole o inserendole in un carrier → è indipendente dal sistema trasmissivo



ATM Reference Model



- CS: Convergence sublayer
- SAR: Segmentation and reassembly sublayer
- TC: Transmission convergence sublayer
- PMD: Physical medium dependent sublayer